

# 连续性干出对孔石莼生长和生化组成的影响<sup>\*</sup>

郭赣林<sup>\*\*</sup> 阎斌伦 徐 静 赵艳景 石 艳 徐 婷

(淮海工学院江苏省海洋生物技术重点建设实验室, 江苏连云港 222005)

**摘 要** 以孔石莼(*Ulva pertusa*)为试验材料,研究了连续性干出对其生长和生化组成的影响。结果表明:与对照组(0 h)相比,短时间的连续性干出促进孔石莼生长,表现在特定生长率(SGR)升高、叶绿素 a 含量上升;随着连续性干出时间延长,孔石莼 SGR、叶绿素 a、蛋白质含量下降,叶绿素 b、可溶性糖含量上升;叶绿素 a/b 比值变化和可溶性糖含量变化有利于抵抗干出胁迫。

**关键词** 孔石莼;连续性干出;生长;生化组成

**中图分类号** S917.3, Q948.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)12-2767-03

**Effects of continuously diurnal desiccation on *Ulva pertusa* growth and biochemical constituents.** GUO Gan-lin, YAN Bin-lun, XU Jing, ZHAO Yan-jing, SHI Yan, XU Ting (Jiangsu Key Laboratory of Marine Biotechnology, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, Jiangsu, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(12): 2767–2769.

**Abstract:** This study showed that as compared with the control, a short term continuously diurnal desiccation promoted the growth of *Ulva pertusa*, manifesting in the increase of specific growth rate (SGR) and chlorophyll a content. However, with the prolonged desiccation duration, the SGR and chlorophyll a and protein contents decreased, while the chlorophyll b and soluble sugar contents increased. The changes of chlorophyll a/b and soluble sugar content could benefit the desiccation tolerance of *U. pertusa*.

**Key words:** *Ulva pertusa*; continuously diurnal desiccation; growth; biochemical constituent.

潮间带海藻由于潮汐作用周期性地处于水陆两栖环境,其生长和生理随着外界环境因子的节律性变化而发生相应的改变。其中,干出是一个重要的环境因子,它直接影响海藻的形态、分布、生长、繁殖和代谢等生命过程。目前,干出对海藻影响的报道主要集中在一次性干出过程中的生理响应,如光合作用、呼吸作用、光合复水能力和碳源获得机制等(刘力和高尚德, 1987; Beach & Smith, 1997; Ji & Tanaka, 2002; Zou & Gao, 2002; Susan & Megan, 2005; 姜红霞和高坤山, 2009)。孔石莼(*Ulva pertusa*)为潮间带常见的大型绿藻,一年四季均有生长,广泛的分布于高潮带至低潮带。由于潮汐作用,高潮时,它们淹没于水中进行生长和生理活动;低潮时,则暴露于空气中,呈干出状态。这种连续性的、

长期的、每天都要面临的干出如何影响海藻? 本文模拟潮间带海藻的干出过程,研究连续性干出对孔石莼生长和生化组成的影响,期望为研究海藻如何适应复杂的潮间带环境提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及预培养

孔石莼由日本东北大学的 Akira Taniguchi 教授提供,为一无性繁殖系,在实验室自然条件下培养。试验前 14 d,选择健康、色泽鲜艳的藻体用消毒海水(天然海水经脱脂棉过滤后,煮沸再冷至室温)反复冲洗去除表面杂质,于光照培养箱内培养。培养条件:温度( $20 \pm 0.5$ ) °C,光照 5000 lx,光暗周期 12L: 12 D,盐度 31~33, pH 值为 8.1。试验前 2~3 d,取每片藻体的相同部位用打孔器取直径约 1.4 cm 的圆片,备用。

### 1.2 研究方法

在前期研究的基础上(郭赣林和董双林,

<sup>\*</sup> 江苏省水产三项工程项目(p2009-18)、江苏省海洋生物技术重点建设实验室开放基金项目(2009HS008)和淮海工学院大学生实验室创新项目资助。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: guoganlin2007@hotmail.com

收稿日期: 2011-07-01 接受日期: 2011-07-30

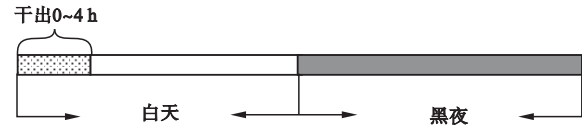


图1 连续性干出示意图

Fig.1 Diagram of the continuously diurnal desiccation

黑、白条分别表示光暗周期(12L:12D);白条中的点状部分表示每天干出时间。

2008),设置0、0.5、1、2和4 h 5个干出处理,以0 h为对照。以3片藻片(每片约0.05 g)为一组,放入含200 ml培养液(f/2营养盐配方)的250 ml烧杯中置于光照培养箱中培养。每天定时干出上述设置时间(图1),每组处理3个重复。干出条件:温度(20±0.5)℃,光照5000 lx,相对湿度约40%,不同干出处理下藻体脱水率变动在20%~60%。每天相互调换烧杯位置以减小光强误差,每3 d更换一次培养液。试验进行12 d。

试验结束后,称量每组藻片重量以计算特定生长率(SGR),并从各处理组分别取样用于测定叶绿素、蛋白质和可溶性糖含量等生化指标。叶绿素含量采用90%丙酮萃取、分光光度法测定(赵文,2005),蛋白质和可溶性糖含量分别采用考马斯亮蓝G-250法和蒽酮比色法测定(王学奎,2006)。

1.3 数据统计与分析

特定生长率(SGR)的计算公式:

$$SGR(\% d^{-1}) = [(W_t / W_0)^{1/t} - 1] \times 100\%$$

式中:W<sub>0</sub>为样品的初始湿重(g);W<sub>t</sub>为t天时样品的湿重(g);t为试验周期(d)。

不同试验组的SGR、色素含量、生化组成等指标的差异采用单因素方差分析(ANOVA)和Duncan多重比较进行处理。以α=0.05作为差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 连续性干出对孔石莼生长的影响

由图2可知,连续性干出3 d时,各处理组孔石莼的SGR未见显著差异。随着培养时间延长,各处理间的SGR差异显著(P<0.05)。至试验结束时,与对照(0 h)相比,连续干出0.5 h的孔石莼的SGR略高(P>0.05),然后随着连续性干出时间延长,孔石莼SGR显著降低(P<0.01)。

2.2 连续性干出对孔石莼叶绿素含量的影响

图3显示,与对照相比,叶绿素a含量在连续性干出0.5 h时略有升高,然后随着连续性干出时间

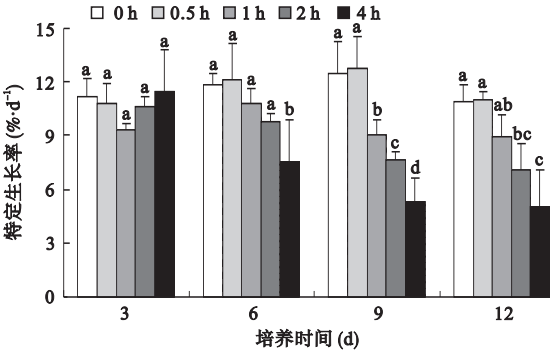


图2 连续性干出处理下孔石莼的特定生长率

Fig.2 Specific growth rate of *Ulva pertusa* after different periods of continuously diurnal desiccation

同列不同字母表示差异显著(P<0.05),下同。

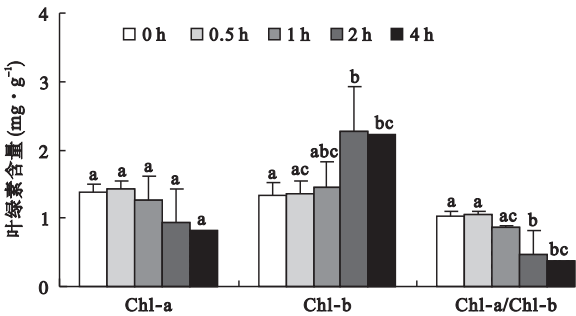


图3 连续性干出处理下孔石莼的叶绿素含量

Fig.3 Chlorophyll contents of *Ulva pertusa* after different periods of continuously diurnal desiccation

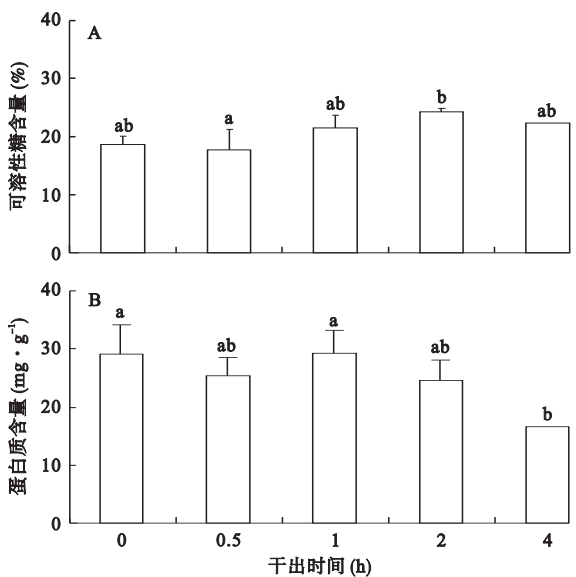


图4 连续性干出处理下孔石莼的可溶性糖(A)和蛋白质(B)含量

Fig.4 Soluble sugar contents (A) and protein contents (B) of *Ulva pertusa* after different periods of continuously diurnal desiccation

延长含量逐渐下降(P>0.05)。叶绿素b的含量与

对照相比均上升,特别是在连续性干出 2 和 4 h 处理下显著升高( $P<0.05$ )。叶绿素 a/b 的比值与对照相比,先升高后降低( $P<0.05$ )。

### 2.3 连续性干出对孔石莼生化组成的影响

与对照相比,孔石莼的可溶性糖含量随着连续性干出时间延长而逐渐升高,且在连续性干出 2 h 时获得最大值( $P<0.05$ )(图 4A)。蛋白质含量在连续性干出处理下均减小,但有随着连续性干出时间延长先升后降的趋势,且在连续性干出 1 h 时含量最高,连续性干出 4 h 时含量最低( $P<0.05$ )(图 4B)。

## 3 讨论

干出对藻类生长和生理的影响已有许多报道,主要集中在一次性干出或干出过程中藻类的生长、光合作用特点、对光系统 II 的影响及抗氧化酶系统的影响等(赵素达,1998;邹定辉和高坤山,2001;陈思嘉等,2006;夏建荣和邹定辉,2007)。本试验模拟潮间带海藻的干出过程,研究连续、有节律地干出处理下海藻的生长和生化组成变化,结果表明,与对照相比,短时间的连续干出(0.5 h)对孔石莼的生长略有促进作用(图 2),这可能是由于藻体干出导致的轻微失水,使植物的生理活动如光合作用等加快(郭赣林和董双林,2008;姜红霞和高坤山,2009),从而促进藻类生长。但随着连续性干出处理时间的延长(1~4 h),孔石莼生长率开始下降,说明孔石莼开始遭受干出胁迫。

在干出胁迫下,孔石莼的色素含量发生变化,叶绿素 a 含量下降,叶绿素 b 含量上升,叶绿素 a/b 比值降低(图 3)。这一方面说明叶绿素 a 和叶绿素 b 对于干出胁迫的敏感性不同,叶绿素 a 更敏感,更容易被破坏;另一方面,色素比例的变化(叶绿素 a/b 比值降低)有利于抵抗胁迫环境(张明生和谈锋,2001;郭春爱等,2006)。

通常,当植物遭受逆境胁迫时,可以通过主动积累一些可溶性糖或蛋白质来适应环境变化。在本试验中,孔石莼的可溶性糖含量随着连续性干出时间延长而逐渐上升,至连续性干出 2 h 时最高,而后降低(图 4A)。这说明孔石莼对连续性干出具有一定的耐受性,在一定时间内可以通过主动积累渗透调节物质可溶性糖来维持细胞的正常生理活动。但随着胁迫时间延长和胁迫程度增加,超出了自身能力调节的范围,藻体受到伤害,可溶性糖含量下降。与

此相印证,在连续性干出 2 h 之内蛋白质含量没有显著变化,连续干出 4 h 时蛋白质含量显著降低(图 4B)。这说明藻体已遭受伤害,可能是脱水直接破坏了蛋白质结构,也可能是活性氧自由基引起的氧化作用使蛋白质遭到破坏(张爱红等,2003)。

综上,短时间的连续性干出促进孔石莼的生长,但在长时间连续性干出胁迫下孔石莼生长率下降,蛋白质含量降低。孔石莼叶绿素 a/b 比值变化和可溶性糖含量升高有利于抵抗干出环境。

### 参考文献

- 陈思嘉,陈填烽,杨芳,等. 2006. 螺旋藻抗氧化酶系统对干燥胁迫的响应. 暨南大学学报, **27**(1): 123-128.
- 郭春爱,刘芳,许晓明. 2006. 叶绿素 b 缺失与植物的光合作用. 植物生理学通讯, **42**(5): 967-973.
- 郭赣林,董双林. 2008. 干出对潮间带不同垂直位置海藻的生长及光合作用速率的影响. 海洋湖沼通报, (4): 78-84.
- 姜红霞,高坤山. 2009. 干出和紫外辐射对坛紫菜光合作用的影响. 自然科学进展, **19**(8): 835-840.
- 刘力,高尚德. 1987. 失水干燥对紫菜等海藻光合作用、呼吸作用及生长的影响. 水产学报, **11**(3): 233-240.
- 王学奎. 2006. 植物生理生化实验原理和技术. 北京:高等教育出版社.
- 夏建荣,邹定辉. 2007. 利用 OJIP 叶绿素 a 荧光评估干出对石莼(*Ulva lactuca*)光系统 II 的影响. 海洋通报, **26**(4): 50-55.
- 张爱红,邱保胜,刘志礼. 2003. 陆生念珠藻的耐干旱机制. 西北植物学报, **23**(3): 516-521.
- 张明生,谈锋. 2001. 水分胁迫下甘薯叶绿素 a/b 比值的变化及其与抗旱性的关系. 种子, (4): 23-25.
- 赵文. 2005. 水生生物学. 北京:中国农业出版社.
- 赵素达. 1998. 干燥胁迫对几种单胞藻的影响. 海洋湖沼通报, (2): 23-29.
- 邹定辉,高坤山. 2001. 低潮干出状态下石莼的光合作用特性. 植物生理学通讯, **37**(6): 503-506.
- Beach KS, Smith CM. 1997. Ecophysiology of a tropical rhodophyte. III. Recovery from emersion stresses in *Ahnfeltiopsis concinna* (J. Ag.) Silva et DeCew. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **211**: 151-167.
- Ji Y, Tanaka J. 2002. Effect of desiccation on the photosynthesis of seaweeds from the intertidal zone in Honshu, Japan. *Phycological Research*, **50**: 145-153.
- Susan LW, Megan ND. 2005. High and dry: Variation in net photosynthesis of the intertidal seaweed *Fucus gardneri*. *Ecology*, **86**: 2373-2379.
- Zou DH, Gao KS. 2002. Photosynthetic responses to inorganic carbon in *Ulva lactuca* under aquatic and aerial states. *Acta Botanica Sinica*, **44**: 1291-1296.

作者简介 郭赣林,女,1977年生,博士,讲师。主要从事藻类生态学研究。E-mail: guoganlin2007@hotmail.com  
责任编辑 李凤芹